

## METHOD AND APPARATUS FOR EXPOSURE

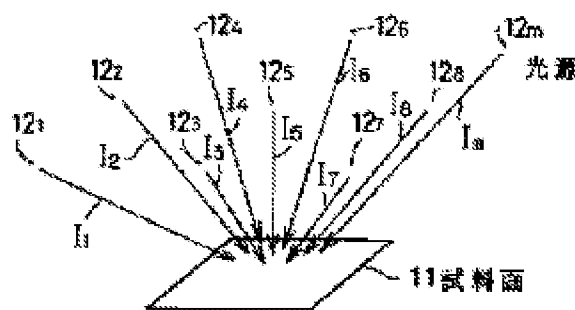
**Patent number:** JP5217856  
**Publication date:** 1993-08-27  
**Inventor:** KAWAKAMI KENICHI  
**Applicant:** FUJITSU LTD  
**Classification:**  
- international: **G03F7/20; G03F7/20;** (IPC1-7): G03F7/20; H01L21/027  
- european: G03F7/20T; G03F7/20T18  
**Application number:** JP19920017072 19920131  
**Priority number(s):** JP19920017072 19920131

Report a data error here

### Abstract of JP5217856

**PURPOSE:** To provide a method and an apparatus for exposure using two-dimensional interference exposure which efficiently forms a desired repeated pattern with no mask.

**CONSTITUTION:** A sample face 11 is irradiated in three or more directions with light I1-I<sub>m</sub> of plane wave whose angle of incidence, amplitude and phase are adjusted. A two-dimensional interference fringe of repeated pattern is formed on the sample face 11.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027				
G 0 3 F 7/20	5 2 1	7818-2H		
		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 1 1 W

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 7 頁)

(21)出願番号	特願平4-17072	(71)出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
(22)出願日	平成4年(1992)1月31日	(72)発明者	川上 研一 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(74)代理人	弁理士 伊東 忠彦 (外2名)

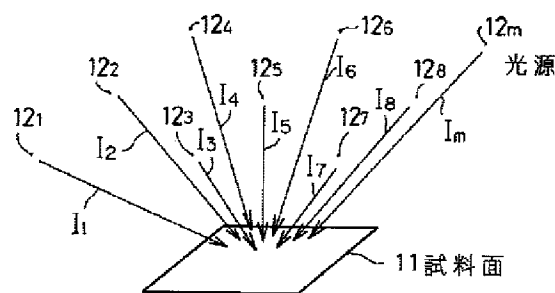
(54)【発明の名称】 露光方法及び露光装置

(57)【要約】

【目的】 本発明は二次元の干渉露光を利用した露光方法及び露光装置に関し、マスクを用いることなく所望の周期的パターンを効率的に形成できる露光方法及び露光装置を実現することを目的とする。

【構成】 試料面 11 上に三つ以上の方向から入射角、振幅及び位相の調節された平面波の光  $I_1 \sim I_m$  を照射する。試料面 11 上には二次元の繰り返しパターンの干渉縞を形成する。

本発明の原理説明図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 レジストを塗布した試料面（11）上に、三つ以上の方向から入射角、振幅及び位相の調節された平面波の光（ $I_1 \sim I_m$ ）を照射し、該試料面（11）上に二次元の繰り返しパターンを形成して露光することを特徴とする露光方法。

【請求項2】 可干渉な光を放射する三つ以上の光源（21a～21e）と、  
該光源（21a～21e）の各々に対応して設けられ、該光源（12<sub>1</sub>～12<sub>m</sub>）からの光の振幅及び位相を調節する第1の調節手段（22a～22e, 23a～23e）と、  
三つ以上の該第1の調節手段（22a～22e, 23a～23e）の各々に対応して設けられ、該第1の調節手段（22a～22e, 23a～23e）からの光を夫々平面波に変換すると共に、その光軸を互いに独立して調節して入射角が調節された平面波を試料面（11）上へ照射する第2の調節手段（24a～24b）とを有することを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は露光方法及び露光装置に係り、特に二次元の干渉露光を利用した露光方法及び露光装置に関する。

【0002】 大規模半導体集積回路（LSI）は近年、益々高密度化、高集積化の傾向にあるため、また量子細線や量子箱においても、周期的パターンをミクロン以下の超微細に形成できることが必要とされる。

【0003】

【従来の技術】 従来よりパターンを試料面上に形成する露光方法としては、フォトリソグラフィ、電子線（EB）露光方法、一次元の干渉露光方法などが知られている。フォトリソグラフィは所望のパターンが形成されているマスクを通して試料面上のフォトレジストに例えば紫外線を照射し、その後現象処理、エッチング及びレジスト除去処理等の工程を経て、試料面上に所望のパターンを形成する。

【0004】 また、電子線露光方法は電子ビームを試料面上に照射して描画する方法で、フォトリソグラフィに比しより微細なパターンを描画できる。更に、干渉露光方法はマスクを使わずに2つの光源からの光を試料面上のフォトレジストに夫々一定角度で入射し、それら2つの光の干渉縞により露光する方法である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかるに、前記フォトリソグラフィは形成しようとするパターン毎にマスクが必要になり、マスクの作製に手間と時間とコストをかけなければならない。また、前記電子線露光方法は通常は矩形のショットをつなげてパターンを描画するが、パターンが微細になるほど単位面積当りの露光ショット数が

増加し、スループットが低下する。

【0006】 また、電子線露光方法では、パターンが近接した場合に互いにパターン間で影響を及ぼし合い、パターンの位置や幅の変化等の精度低下をもたらす（近接効果）。前記した干渉露光方法では、二つの光源からの光の干渉縞を利用しているので、露光できるパターンがラインアンドスペースに限られてしまうという問題がある。

【0007】 本発明は以上の点に鑑みなされたもので、マスクを用いることなく所望の周期的パターンを効率的に形成できる露光方法及び露光装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 図1は本発明の原理説明図を示す。本発明の露光方法は図1に示すように、レジストを塗布した試料面11上に、三つ以上の方向から入射角、振幅及び位相の調節された平面波の光 $I_1 \sim I_m$ を照射し、試料面11上に二次元の繰り返しパターンを形成して露光する。

【0009】 また、本発明装置では、可干渉な光を放射する三つ以上の光源と、光源の各々に対応して設けられ、光源からの光の振幅及び位相を調節する第1の調節手段と、三つ以上の第1の調節手段の各々に対応して設けられ、第1の調節手段からの光を夫々平面波に変換すると共に、その光軸を互いに独立して調節して入射角が調節された平面波を試料面上へ照射する第2の調節手段とを有する。

【0010】

【作用】 図1に示す3つ以上の光源12<sub>1</sub>～12<sub>m</sub>のうち、任意の2つの光源12<sub>i</sub>, 12<sub>j</sub>からの可干渉で強度の等しい光が図1に示す如く入射角 $\theta$ ,  $-\theta$ で試料面11上に入射されるものとする。ここで、光源12<sub>i</sub>, 12<sub>j</sub>によって試料面11上にできる複素振幅を夫々 $E_1(x)$ ,  $E_2(x)$ 、波長を $\lambda$ とすると、 $E_1(x)$ ,  $E_2(x)$ は夫々次式で表わされる。

【0011】  $E_1(x) = A \cdot \exp \{ i(kx + \phi_1) \}$

$E_2(x) = A \cdot \exp \{ i(-kx + \phi_2) \}$

ただし、 $k = 2\pi \tan \theta / \lambda$

上式中、 $A$ は電界強度、 $\phi_1$ ,  $\phi_2$ は夫々光源12<sub>i</sub>, 12<sub>j</sub>からの光の位相である。ここで、 $\phi_1 = \phi_2 = 0$ とすると試料面11上に結像する電界強度の複素振幅 $E(x)$ は、

$E(x) = E_1(x) + E_2(x)$

$= 2A \cos(kx)$

となり、干渉縞が形成される。

【0012】 従来の干渉露光法では、 $\phi_1$ ,  $\phi_2$ が制御されていないため干渉縞の形成される位置を制御できない。また、光源が2つしかないので、ラインアンドスペースしか露光できない。

【0013】これに対して、本発明では光源が図1に12<sub>1</sub>～12<sub>m</sub>で示したように3つ以上あるため、試料面11上に形成される干渉縞は二次元的に配列され、また入射角を調節することにより、二次元の繰り返しパターンを試料面11に結像させることができる。しかも、本発明では光の振幅及び位相を調節しているため、結像するパターンを制御することができる。

【0014】また、本発明装置では、所望のパターンを結像するために必要な各々の平面波の振幅、位相及び入射角を第1、第2の調節手段で調整しているため、効率的に露光を行なうことができる。

【0015】

【実施例】図3は本発明の一実施例の構成図を示す。同図中、21a～21eは夫々光源で、前記した光源12<sub>1</sub>～12<sub>m</sub>（ただし、ここではm=5）に相当し、可干渉な光を放射する。光源21a～21eの各々から放射された光（球面波）は、振幅制御素子22a～22e、位相制御素子23a～23eを夫々通してレンズ24a～24eに入射され、ここで平面波に変換された後、試料面11と同一平面上にあるCCD（チャージ・カップルド・デバイス）25に入射される。

【0016】CCD25は周知の如く撮像素子で、試料面11をもつ試料（サンプル）と共に同じX-Yステージ26に載置されており、X-Yステージ26と一体的に移動変位される。計算機27は端末28に接続される一方、振幅制御素子22a～22e、位相制御素子23a～23eを夫々互いに独立して制御する。

【0017】振幅制御素子22a～22eと位相制御素子23a～23eは、前記した第1の調節手段を構成し

ており、計算機27からの制御信号に応じて、対応して設けられた光源21a～21eからの光の振幅及び位相を夫々調節する。また、レンズ24a～24eは前記した第2の調節手段を構成しており、図示しない移動機構により計算機27からの制御信号に応じて移動制御され、レンズ24a～24eを透過する平面波の光軸を可変することにより、入射角を可変する。なお、入射角の制御はレンズ24a～24eの移動と共に、光源21a～21eの位置を移動させて行なってもよい。

【0018】次に本実施例の動作について説明する。まず、端末28よりオペレータが露光したいパターン（パターンの周期、一周期のパターンデータ）を計算機27へ入力する。すると、計算機27はこの入力パターンデータを基にして夫々の光の振幅、位相、入射角を計算し、制御する。

【0019】例えば設計したパターンデータが図4に示す如くx軸方向のパターンの周期L<sub>x</sub>、y軸方向のパターンの周期L<sub>y</sub>よりなり、8×8の矩形よりなるパターンであるものとする。この場合、光源の数は21a～21eの5個ではなく、全部で64個必要になり、その各々に対応して振幅制御素子22、位相制御素子23、レンズ24が設けられる。

【0020】計算機27は上記のパターンデータから図5に示す如き電界強度分布を設計し、これをFFT（デジタルフーリエ変換）することにより、各光源からの光の振幅を表1に示す如く、また光の位相を表2に示す如く計算する。

【0021】

【表1】

振幅（単位は任意）

$\begin{matrix} i \\ j \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2.828	1.657	2.828	0.0	2.828	1.657	2.828	0.0
2	4.00	4.00	4.00	0.0	4.00	4.00	4.00	0.0
3	2.828	9.647	2.828	0.0	2.828	9.657	2.828	0.0
4	3.314	4.00	19.31	0.0	19.31	4.00	3.314	0.0
5	2.828	9.657	2.828	0.0	2.828	9.657	2.828	0.0
6	4.00	4.00	4.00	0.0	4.00	4.00	4.00	0.0
7	2.828	1.657	2.828	0.0	2.828	1.657	2.828	0.0
8	0.0	4.00	0.0	0.0	0.0	4.00	0.0	0.0

【0022】

【表2】

位相 単位: [rad]

$\begin{matrix} i \\ j \end{matrix}$	1	2	3	4	5	6	7	8
1	$-\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	0	$-\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	0
2	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	0	$\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	0
3	$\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	0	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	0
4	$\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	0	$-\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	0
5	$\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	0	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	0
6	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	0	$\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	0
7	$-\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	0	$-\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2}$	0
8	0	$-\frac{\pi}{2}$	0	0	0	$\frac{\pi}{2}$	0	0

【0023】また、計算機27はパターンの周期の寸法  $L_x$  ,  $L_y$  と最小線幅と光の波長  $\lambda$  から、夫々の光源からの光のCCD25への入射角 ( $\theta$  ,  $\phi$ ) を算出する。この入射角は図6に示す如く、光の入射面30の法線31に対して、 $x$  軸方向に平行な平面上で  $\theta$ 、 $y$  軸方向に

平行な平面上で  $\phi$  なる角度で表わされ、横方向に  $i$  番目、縦方向に  $j$  番目の矩形の二次元干渉露光部分の入射角 ( $\theta_{ij}$  ,  $\phi_{ij}$ ) は表3に示す如くなる。

【0024】

【表3】

$i$	1	2	3	4	5	6	7	8
1	$(-\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(0, -\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$
2	$(-\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(0, -\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$
3	$(-\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(0, -\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v}, -\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$
4	$(-\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, 0)$	$(-\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, 0)$	$(-\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, 0)$	$(0, 0)$	$(\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, 0)$	$(\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, 0)$	$(\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, 0)$	$(\sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v}, 0)$
5	$(-\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(0, \sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v})$
6	$(-\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(0, \sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v})$
7	$(-\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(0, \sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v})$
8	$(-\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v})$	$(-\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v})$	$(0, \sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{2\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{3\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v})$	$(\sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v}, \sin^{-1} \frac{4\lambda}{L_v})$

【0025】計算機27は表1の計算結果に基づいて振幅制御素子22a～22e等の振幅制御素子による振幅調整を行ない、表2の計算結果に基づいて23a～23e等の位相制御素子による位相調整を行ない、また表3の計算結果に基づいて24a～24e等のレンズを移動して光のCCD25への入射角( $\theta$ ,  $\phi$ )の調整を行なう。

【0026】このようにして、各光源からの光はCCD25に入射され、ここで撮像される。CCD25は撮像した光に応じた電気信号を生成して計算機27へ入力する。計算機27は前記光学系(図3では5つ、図4、図5の例では64)のうちの所定の一の光学系を基準として、この基準光学系と他の一の光学系のみによってCCD25の撮像面にできる干渉縞の振幅、位相、周期を解析する。同様にして、計算機27は上記の基準光学系と残りの光学系との間の1つ1つについて、CCD25の撮像面にできる干渉縞の振幅、位相、同期を解析する。上記解析の結果、計算機27は誤差が最小となるように、光の振幅、位相及び入射角の微調整を行なう。

【0027】上記の微調整終了後、X-Yステージ26

が図示しないステージ移動機構によって移動され、それまでCCD25の撮像面が位置していた場所に試料面11が位置するようにする。これにより、所望の周期的パターンがレジストを塗布した試料面11上に二次元干渉露光される。このとき、試料面11上には所望の周期的パターンがマスクを用いることなく一括転写される。

【0028】

【発明の効果】上述の如く、本発明によれば、マスクを用いることなく二次元の繰り返しパターンを一括して試料面に露光することができるため、フォトリソグラフィに比しマスクが不要な分間と時間を不要にでき、電子線露光方法に比しスループットを向上でき、また一次元の干渉露光方法に比し二次元の繰り返しパターンも露光でき、また本発明装置では効率的に露光を行なうことができ、以上より半導体製造技術に寄与するところ大である等の特長を有するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理説明図である。

【図2】本発明の作用説明図である。

【図3】本発明の一実施例の構成図である。

【図4】パターンデータの一例を示す図である。

【図5】電界強度分布の一例を示す図である。

【図6】入射角の説明図である。

【符号の説明】

11 試料面

12<sub>1</sub> ~ 12<sub>m</sub>, 21a ~ 21e 光源

22a ~ 22e 振幅制御素子

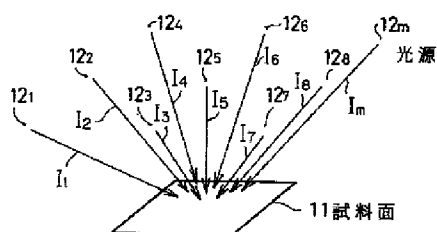
23a ~ 23e 位相制御素子

24a ~ 24e レンズ

27 計算機

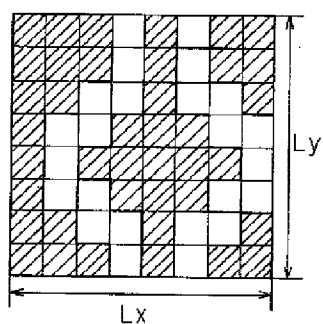
【図1】

本発明の原理説明図



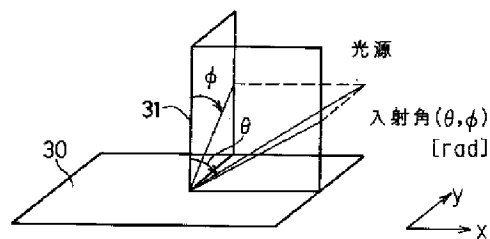
【図4】

パターンデータの一例



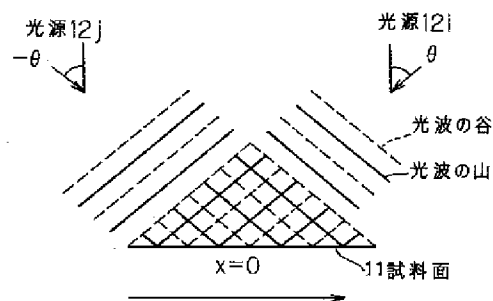
【図6】

入射角の説明図



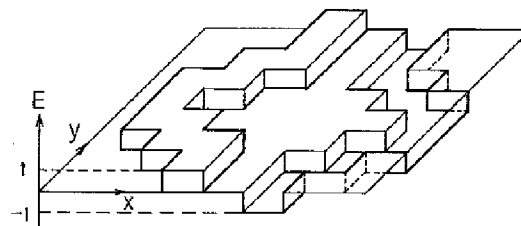
【図2】

本発明の作用説明図



【図5】

電界強度分布の一例



【図3】

本発明の一実施例の構成図

